



STANDARDI SFS-EN 1090-2 ASENNUSTYÖSSÄ

Pasi Solja

Opinnäytetyö
Tammikuu 2018
Konetekniikan koulutus
Tuotantotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan koulutus
Tuotantotekniikka

PASI SOLJA:

Standardi SFS-EN 1090-2 asennustyössä

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Tammikuu 2018

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella kantavien teräsrakenteiden asennukseen liittyvää standardia SFS-EN 1090 asennustyön näkökulmasta. Opinnäytetyö toimii kokonaisuudessaan toimeksiantajalle Mountplan Oy:lle tarkistuslistana, jolla varmistetaan, että asennustyö tulee tehdyksi ja dokumentoiduksi asianmukaisesti. Opinnäytetyössä keskityttiin siihen, mitkä ovat Mountplanin kannalta asennustyöhön liittyviä tärkeimpiä tietoja ja havaintoja. Työssä tutkittiin laajasti EN 1090 standardia ja siinä viitattuja lähteitä sekä yleisesti asennustyöhön liittyviä lähteitä ja ongelmakohtia.

EU:n rakennustuoteasetus tuli voimaan Suomessa ja sen myötä rakennustuotteiden CE-merkintä tuli pakolliseksi 1.7.2013 alkaen. Standardi SFS-EN 1090 on jaettu kolmeen osaan, ja sen ensimmäinen osa yksi koskee teräsrakennekokoonpanojen CE-merkintää. Standardin ensimmäisen osan siirtymäaika päättyi 1.7.2014, jonka jälkeen kaikki standardin soveltamisalaan kuuluvat teräsrakennetuotteet on ollut pakollista merkitä CE-merkillä. Standardin osassa kaksi on määritetty teräsrakenteita koskevat tekniset määrittelyt. Osa kaksi sisältää myös työmaalla tapahtuvan teräsrakenteen asennuksen vaatimuksien määrittelyn.

Opinnäytetyön tuloksena todettiin, että vioittuneesta tai sortuneesta teräsrakenteesta aiheutuu aina ylimääräisiä kustannuksia ja vahinkoja. Kantavan teräsrakenteen laadukaasta lopputuloksesta ei saa tinkiä missään vaiheessa. Asennustyön toteuttajalla ja asennusvalvojalla on iso vastuu teräsrakenteen asianmukaisen toteuttamisen valvomisesta, tarkastuksesta ja dokumentoinnista.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

PASI SOLJA:

The standard SFS-EN 1090-2 in installation work

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 0 pages
January 2018

The purpose of the thesis was to examine the SFS-EN 1090 standard that relates to the installation of supporting steel structures in installation work. The thesis will work in full as a checklist for Mountplan ltd to ensure that installation work is properly done and documented. The thesis focused on Mountplan's most important information and observations about installation work. The EN 1090 standard was studied in this thesis as well as common problems in installation work.

The EU construction product regulation came into effect in Finland and CE-marking became mandatory from 1 July 2013. The standard SFS-EN 1090 is divided into three parts and the first transitional period, which concerns the CE-marking of steel construction expired on 1 July 2014, after which all products of steel construction are mandatory for the CE-marking. Technical specifications for steel structures are specified in part two of the standard. Part two also contains a description of the requirements for the installation of a steel structure on a site.

The result of the thesis was that the damaged or collapsed steel structure always incurs additional costs and damages. Therefore the supporting steel structure of the high quality result must not be compromised at any time. The installer and the installation supervisor have a high responsibility for the proper implementation of the steel structure for controlling, inspection and documentation.

Key words: standard SFS-EN 1090, supporting steel structure, installation supervisor

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KONEDIREKTIIVI JA KANTAVA TERÄSRAKENNESTANDARDI	7
3	TOTEUTUSERITELMÄ JA -LUOKKA	9
3.1	Toteutuseritelmä	9
3.2	Toteutusluokka.....	10
4	ASENNUS- JA KUORMITUSSUUNNITELMA	11
5	ESIVALMISTELU TYÖMAALLA	12
5.1	Tunnistaminen	12
5.2	Käsittely ja varastointi	13
5.3	Kokoaminen.....	14
5.4	Tilapäiset kiinnitykset.....	14
6	KIINNITTÄMINEN	15
6.1	Hitsausliitos	16
6.1.1	Hitsausliitoksen tarkastus.....	18
6.2	Ruuviliitos.....	19
6.2.1	Esijännittämätön ruuviliitos	21
6.2.2	Esijännitetty ruuviliitos	22
6.2.3	Ruuviliitosten tarkastus.....	23
7	TOLERANSSIT	25
7.1	Olennottoleranssit ja poikkeamat	25
7.2	Toiminnalliset toleranssit ja poikkeamat	26
8	PINTAKÄSITTELY	29
8.1	Erilaisten materiaalien rajapinta	29
8.2	Suojamaaliyhdistelmämerkintä.....	29
9	DOKUMENTOINTI	32
9.1	Hitsaajan pätevyystodistus.....	32
9.2	Paikkamaalauksen dokumentointi	32
9.3	Ruuvikokoonpanon varmennustodistus	33
9.4	Materiaalin aineistodistus	33
9.5	Korjaussuunnitelma	34
10	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET.....	36

LYHENTEET JA TERMIT

Standardi	Standardin SFS-EN 1090-2 + A1 lyhenne
NDT	Nondestructive testing eli rikkomaton aineenkoetus
Teräsrakenne	Esimerkiksi työmaalla asennettu rakennuksen teräksinen runko
Teräskokoonpano	Teräsrakenteen osa, joka voi koostua pienemmistä osakokoonpanoista

1 JOHDANTO

Kantavia teräsrakenteita käytetään paljon ja hyvinkin vaativissa käyttökohteissa. Näitä rakenteita käytetään esimerkiksi rakennuksissa, siiloissa, silloissa ja mastoissa. Jotta kantavista teräsrakenteista tulisi aina turvallisia, on teräsrakenteen valmistuksen ja asennuksen perustuttava yhdenmukaiseen lähteeseen, joka määrittää CE-merkinnän pakollisuuden ja tärkeät kriteerit rakenteelle.

Kantavat teräsrakenteet toteutetaan standardin EN 1090 mukaisesti. Standardi esittää teräs- ja alumiinirakenteille toteutuksen erilaisia työvaiheita. Se sisältää materiaalin tilauksen, valmistuksen, asennuksen, vaatimukset teräsrakenteen pinnankäsittelylle sekä tarkastuksen. Standardin vaatimukset koskevat myös suunnittelua. Valmistajan tulee siis varmistua suunnittelun laadusta. Tämän kaiken tarkoituksena on varmistaa rakenteen mekaaninen kestävyys, vakaus, käytettävyys ja ominaisuuksien säilyminen. Standardi on jaettu kolmeen eri osioon, jotka ovat EN 1090-1, EN 1090-2 ja EN 1090-3. Osa yksi esittää vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin, osa kaksi esittää teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset ja osa kolme alumiinirakenteita koskevat tekniset vaatimukset. Standardin osa kaksi kattaa myös työmaa-asennuksien vaatimukset.

Tämä opinnäytetyö on yrityslähtöinen ja tehty Mountplan Oy:lle. Mountplan Oy asentaa Raumaster Oy:n toimittamia kuljetinratkaisuja, jotka sisältävät kuljettimet ja niihin kuuluvat materiaalin käsittelylaitteet. Kuljetettava materiaali on usein kiinteää polttoainetta, biomassaa, puuta tai paperia. Asennettavista teräsrakenteista osa kuuluu konedirektiivin ja osa standardin EN 1090 piiriin. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selkeyttää asennukseen liittyviä toimintoja, jotka koskevat standardin osaa EN 1090-2. Kantavien teräsrakenteiden asennus tulee suorittaa standardin mukaisesti. Tässä opinnäytetyössä on painotettu asennustyön näkökulmasta kyseisiin rakenteisiin liittyviä toimenpiteitä ja huomioita asennustyömaalla standardin pohjalta.

2 KONEDIREKTIIVI JA KANTAVA TERÄSRAKENNESTANDARDI

Työmaalla voi olla paljon erilaisia kokoonpanoja ja osia, mitkä kuuluvat konedirektiivin tai kantavan teräsrakennestandardin piiriin. Konedirektiivin ja kantavan teräsrakennestandardin välillä on eroa ja on ehdottoman tärkeää, että kantavassa teräsrakenteessa noudatetaan oikeaa standardia. On aina muistettava, että pääasiallisena tarkoituksena on valmistaa ja asentaa turvallisia teräskokoonpanoja ja niistä muodostuvia teräsrakenteita. Yritys, joka valmistaa rakennustuotteita on selvitettävä kuuluko tuote teräsrakennestandardin vai konedirektiivin piiriin. Mikäli teräsrakenteelle on olemassa harmonisoitu oma tuotestandardi, tulee noudattaa kyseistä standardia.

Rajapintoihin kuuluvia rakenteita konedirektiivin ja teräsrakennestandardin välillä ovat muun muassa erilaiset konepedit ja hoitotasot. Tilanteesta riippuen pitää tulkita kuuluvatko ne kiinteästi johonkin toimilaitteeseen vai ovatko ne osa rakennusta. Kiinteästi asennetut hoitotasot koneeseen voidaan tulkita kuuluvaksi konedirektiiviin. Nykyinen Suomessa voimassa oleva konedirektiivi on 2006/42/EY, joka koskee muun muassa koneita, koottavia koneyhdistelmiä ja turvakomponentteja. Konedirektiivi määrittää koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyviä olennaisia turvallisuus- ja terveystaakkoja, sekä näiden asioiden osoittamista, tuotteen markkinoille saattamisesta käyttöön.

Johtopäätös standardissa on, että sellainen tuote, joka ei vaikuta rakennuskohteen lujuuteen tai vakauteen vaan toimii ainoastaan käyttöturvallisuuden kannalta, ei kuulu standardin piiriin. Siispä kaiteet, portaat ja rampit eivät kuulu kyseessä olevan standardin piiriin, koska ne eivät vaikuta rakennuskohteen lujuuteen tai vakauteen. Myöskään erilaiset käsijohteet ja aidat eivät kuulu standardiin. (Tukes 2015, 9.) Teräksisille isoille vapaasti seisoville savupiipuille, on myös olemassa oma standardi, joka on EN 13084.

Kantavat teräsrunkorakenteet, jäykistysrakenteet, säiliöt ja siilot kuuluvat standardin soveltamisalaan. Jos säiliölle tai siilolle on joku muu tuotestandardi, noudatetaan sen vaatimuksia. (Teräsrakenneyhdistys 2015, 6.) On kuitenkin huomioitavaa, että on teräsrakenteita, joihin yhdistetyt hoitotasot sekä niiden kannakkeet ja tästä muodostuva kokonaisuus voi kuulua standardin piiriin. Tässä rakenteessa katsotaan kannakkeiden ja hoitotasojen jäykistävän ja stabiloitavan kantavaa teräsrakennetta.

Mountplan asentaa muun muassa Raumasterin toimittamia ristikkorakenteisia kuljetintunneleita, joissa on hoitotasoja sekä portaita ja koko tämä rakenne tukeutuu maahan korkeilla pilareilla. Rakenteessa kuljettimen ristikkorakenne ja kantavat pilarit kuuluvat standardin EN 1090 soveltamisalaan.

3 TOTEUTUSERITELMÄ JA -LUOKKA

Standardi määrittelee, että rakennustyö on tehtävä standardin mukaisesti, riittävällä ammattitaidolla, varusteilla, resursseilla sekä toteutuseritelmin. Ennen asennustyöhön ryhtymistä on tiedettävä, mitä toteutuseritelmää ja -luokkaa noudatetaan. Jos aiemmin sovitusta toteutuseritelmästä poiketaan, ovat menettelytavat sovittava etukäteen ennen asennustyön alkamista.

3.1 Toteutuseritelmä

Toteutuseritelmä on asiakirja, joka sisältää teräsrakenteen tekniset tiedot ja vaatimukset valmistuksesta sekä asennuksesta. Toteutuseritelmässä tulee olla tarpeen mukaan ilmoitettuna toteutusluokat, esikäsittelyasteet, toleranssiluokat ja rakennustöiden turvallisuutta koskevat teknilliset vaatimukset (METSTA 2012, 13). Suunnittelija laatii toteutettavalle kohteelle/ kokoonpanolle toteutuseritelmän. Jos asennustyömaalla ilmenee ongelmia tai tulee kysyttävää toteutusluokkaa tai esikäsittelyasetetta koskien, on pääsuunnittelijalla todennäköisesti paras tieto asiasta.

Eritelmässä esitetään myös, että vaaditaanko teräsrakenteiden asennuksien toteuttamista varten laatusuunnitelma, joka tehdään standardin EN ISO 9001 mukaisesti. EN ISO 9001 tuli voimaan vuonna 2015 ja se on päivitetty versio standardista EN ISO 9000. Laatusuunnitelman tulee sisältää projektin työtehtävien jakaminen, tarvittavat laatuasiakirjat ennen asennustyön alkamista, määritettyjen vaatimuksien katselmointi käytännössä, tarkastuksen periaatteet ja vaadittavat asiakirjat suoritetuista tarkastuksista. Toteuttajalla pitää olla toteutusluokissa EXC2–EXC4 tehtynä laatuasiakirja. Siitä pitää selvittää organisaatiokaavio, työohjeet, tarkastussuunnitelma sekä menettelytavat poikkeavuuksien, toimilupien ja laatukiiestojen käsittelyyn.

Laatusuunnitelman tarvittavia laatuasiakirjoja on paljon erilaisia. Niitä voi olla esimerkiksi hitsausainetodistukset, hitsausohjeet, mittauspöytäkirjat, joilla todennetaan asennuspaikka hyväksytyksi, tarkastuslaajuus, hyväksymiskriteerit ja tarkastusraportit.

3.2 Toteutusluokka

Toteutusluokka on eriteltyjä vaatimuksia, jotka voivat koskea koko rakennustyötä, yksittäistä kokoonpanoa tai kokoonpanon yksityiskohtaa (METSTA 2012, 13). Teräskokoonpanossa voi siis olla esimerkiksi jokin päätoteutusluokka ja jollekin kokoonpanon detaljille oma toteutusluokka. Toteutusluokkia on neljä EXC1–EXC4 siten, että vaatimukset kasvavat kohti toteutusluokka nelosta. Jos mitään toteutusluokkaa ei ole esitetty, tulee noudattaa toteutusluokkaa EXC2:sta (METSTA 2012, 13). Standardissa on toteutusluokille paljon erilaisia vaatimuksia koskien muun muassa esivalmistusta, kokoamista, hitsausta ja asentamista.

Suunnittelija määrittää kohteelle noudatettavan toteutusluokan. Toteutusluokka määräytyy kolmen kohdan avulla, mitä ovat seuraamusluokka, käyttöluokka ja tuotantoluokka. Seuraamusluokkia on kolme CC1, CC2 ja CC3. Seuraamusluokka kuvaa rakenteen vaurioituessa tai sortuessa inhimillisten, taloudellisten tai ympäristöllisen seuraamusten vakavuuden. Seuraamusluokan vakavuus kasvaa kohti kolmesta niin, että CC1 kuvaa vähäisiä sekä pieniä seuraamuksia ja CC3 kuvaa hyvin suuria seuraamuksia. Käyttöluokat määritellään kahden eri luokan väliltä, mitkä ovat SC1 ja SC2. Luokka SC1 on rakenteille, joihin pääsääntöisesti vaikuttaa staattinen kuorma, kun taas luokan SC2 rakenteisiin vaikuttaa väsytytkuorma. Luokan SC2 rakenteisiin väsytytkuorman saa aikaiseksi usein tuuli, väkijoukko tai jokin pyörivä toimilaite. Tuotantoluokassa on myös kaksi eri luokkaa, jotka ovat PC1 ja PC2. Tuotantoluokka kuvaa teräsrakenteen toteuttamiseen liittyviä riskejä ja vaaratekijöitä. Luokan PC1 teräsrakenteessa ei ole hitsejä ja materiaali on lujuusluokaltaan alempi kuin S355. Kaikki muut kuuluvat automaattisesti luokkaan PC2. Teräsrakenteelle määritetään toteutusluokka näiden kolmen luokan avulla. Kun nämä luokat ovat määritetty, voidaan standardista katsoa suositusmatriisista vaadittava toteutusluokka.

4 ASENNUS- JA KUORMITUSSUUNNITELMA

Toteutuseritelmässä rakennustöiden turvallisuutta koskevat teknilliset vaatimukset tarkoittaa sitä, että toteuttajalla pitää olla asennusmenetelmän mukainen asennussuunnitelma. Asennussuunnitelmassa tulee ilmi asennukseen liittyviä käytännön asioita. Tapauksesta riippuen ne voivat olla teräsrakenteiden asennusjärjestys ja -menetelmä, nosturin toimintasäde suhteessa nostettavan rakenteen painoon, nostovälineet, tuennat, joita tarvitaan keskeneräisen rakenteen stabiiliuden varmistamiseksi sekä selite turvallisuutta vaarantavien asioiden hallitsemiseksi. Usein teräsrakenteita asentavan yrityksen on tehtävä asennusta varten myös erillinen nostosuunnitelma. Työmaasta riippuen se kuitenkin vaihtelee kuinka painavista teräsrakenteista suunnitelma tarvitsee tehdä. Siinä on tarpeellista olla eriteltynä nostovälineet, taakan paino, nosturin malli ja koko, nosturin sijainti nostoa tehdessä ja selitys siitä, kuinka nosto on tarkoitus suorittaa alusta loppuun. Nostosuunnitelmaa tehdessä asennusvalvoja analysoi nostoa yksityiskohtaisesti ja näin hän tulee miettineeksi erilaisia variaatioita nostoa varten. Tällaisen prosessin läpikäyminen vähentää onnettomuusriskiä huomattavasti nostoa tehdessä sekä nopeuttaa nostotapahtumaa, kun kaikki on valmiiksi mietitty.

Jos kuormitussuunnitelma tarvitaan, se on osa asennussuunnitelmaa. Kuormitussuunnitelma voi esiintyä myös muulla nimellä, kuten mitoituslaskelmana. Kuormitussuunnitelma koskee keskeneräistä rakennetta, jota ei saa kuormittaa enempää kuin mitä suunnitelmassa on määritetty, ennen kuin koko rakenne on tuettu. Suunnitelma tehdään, jos keskeneräistä rakennetta on ilmeistä ylikuormittaa esimerkiksi jonkin asennusvaiheen toteuttamista varten. Asennus- ja kuormitussuunnitelman päätarkoituksena on mahdollistaa järkevä ja johdonmukainen asennusjärjestys ja -tapa unohtamatta turvallista asennusta ja lopputulosta.

5 ESIVALMISTELU TYÖMAALLA

Kun toteutuseritelmät ja -luokat sekä asennussuunnitelma ovat kaikille osapuolille selvillä, niin voidaan aloittaa työmaalla teräsrakenteita ja asennustyötä koskevat esivalmistelut. Teräsrakennetta koskeva esivalmistelu ja kokoaminen on syytä tehdä huolella ennen varsinaista paikalleen asennusta. Hyvin tehty esivalmistelu ja mahdollisimman pitkälle kasatut kokoonpanot, kuin se vain asennusteknisesti on järkevää, useimmiten helpottavat ja nopeuttavat loppuasennusta. Asennusteknisiä asioita ovat esimerkiksi rakenteen paino, sen massakeskiö, nostokorvien sijainti, nostokorvien lujuusominaisuudet ja nosturin valinta, millä teräsrakenne asennetaan paikoilleen. Lähtökohtaisesti teräsrakenteet ovat aina niin painavia, että ne asennetaan paikoilleen nosturin avulla.

Teräsrakennetta koskevia esivalmisteluja on esimerkiksi rakenteen liitoskohdan mittojen tarkistaminen ja vertaaminen vastakappaleeseen. Esimerkiksi kuljetinsillassa, jossa on tarkoituksella jätetty jatkokohtaan pelivaraa, voidaan liitoskohdan korot mitata esimerkiksi tasolaserin avulla ja tehdä tarvittavat toimenpiteet etukäteen ennen asennusta. Näin teräsrakenne saadaan asennettua haluttuun linjaan/ kulmaan. Tällaisissa rakenteissa liitoskohtaan jätetään pelivaraa, koska usein rakenteiden korot hieman poikkeavat piirustuksesta.

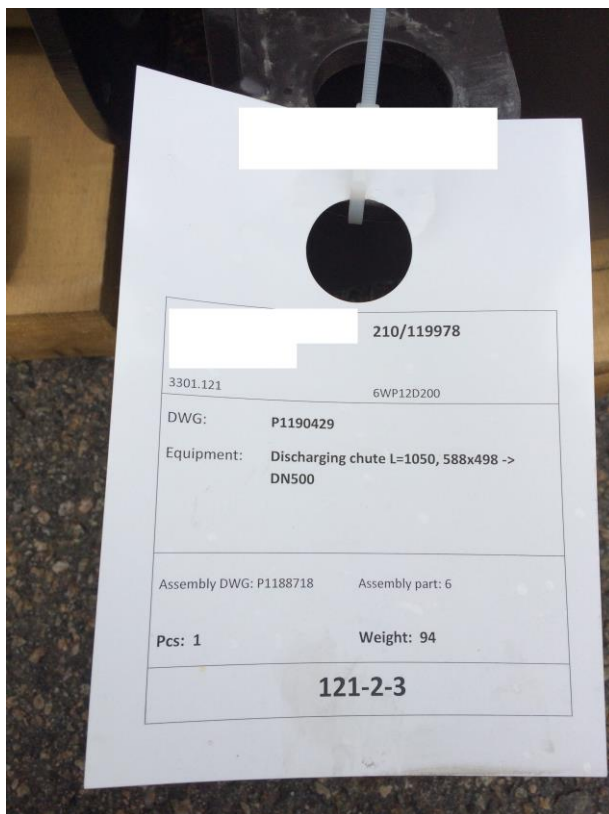
Asennustyötä koskevia esivalmisteltuja ovat esimerkiksi maalin poisto hitsausliitoksen ympäriltä, hitsauskoneen tai mutterinvääntimen ja tarpeellisten työkalujen vienti asennuspaikalle. Kun teräsrakenteen asennuspaikalla on kaikki tarvittavat työkalut ja kiinnittämistä koskevat tavarat, niin asennustyön voi suorittaa sujuvasti.

5.1 Tunnistaminen

Tuotteiden näkyvä ja pysyvä tunnistemerkintä asennustyömaalla on erityisen tärkeää. Oikeaoppinen tunnistemerkintä työmaalla takaa hyvän perustan joustavalle ja luotettavalle asennustyölle. Se myös vähentää asennustyöhön kuluvaan aikaa, kun voidaan olla varmoja siitä mihin kokoonpano tai osa kuuluu. Tunnistamisesta vastaa usein tuotteen valmistaja ja siksi onkin tärkeää antaa palautetta heille tunnisteen kelvollisuudesta.

Tunnisteet eivät saa aiheuttaa vahinkoa rakenteelle, eikä stanssattuja ja porattuja merkintöjä suositella käytettäväksi. Jos niitä kuitenkin tästä huolimatta käytetään, on niiden käyttöön olemassa tarkoin määriteltynä rajoituksia. Esimerkiksi ne sallitaan vain teräksen lujuusluokkaan S355 saakka. Ruostumattomille teräksille kyseessä olevaa tunnistetta ei sallita. (SFS ry 2012, 30.)

Kuvassa yksi on esimerkillinen tuotteen tunnistustapa. Siinä on tunnistelappu kiinnitettyä tuotteeseen nippusiteellä. Tunnistelappu kestää hyvin sään vaihteluita, joten siinä olevat tiedot ovat aina luettavissa haastavissakin sääolosuhteissa. Tunnistelapusta selviää tuotteen nimi, isometri, paino, asennusalue, asennuskokonaisuus ja kappalemäärä.



KUVA 1. Kappaleen tunnistelappu.

5.2 Käsittely ja varastointi

Teräsrakenteita on käsiteltävä huolellisesti ja varoen rakenteen pintakäsittelyä. Näihin seikkoihin on erityisesti kiinnitettävä huomiota kokoonpanoja nostaessa ja asentaessa. Varastoinnissa ennen asennusta kokoonpanot on pinottava irti maasta siten, että ne pysyvät puhtaina ja pintakäsittely moitteettomana (SFS ry 2012, 31).

Pintakäsittely on tehtävä paikallisesti rakenteelle, jos pintakäsittelyyn on tullut poikkeama esimerkiksi kuljetuksen tai noston yhteydessä. Lopputuotteen hyväksyy asiakas ja korjaustoimenpiteet on tehtävä hyvällä laatutasolla.

5.3 Kokoaminen

Teräsrakenteiden kokoaminen tehdään standardissa esitettyjen toleranssien vaatimuksia noudattaen. Kokoamisessa on myös tärkeää ryhtyä varotoimiin, jos havaitsee erilaisten metallisten mahdollisen sähkökemiallisen korroosion vaaran. Esimerkiksi ruostumattoman teräksen ja rakenneteräksen kosketusta tulee välttää, ruostumattoman teräksen kontaminaation estämiseksi. Jos tällainen metalliparin kosketus kuitenkin tulee, on pintakäsittely tehtävä asianmukaisesti ja huolellisesti kyseiseen kohtaan.

Kuten sanottua teräsrakenteet pyritään kasaamaan niin isoihin kokonaisuuksiin, kuin se vain asennuksen kannalta on järkevää. Maassa mahdollisimman pitkälle kasattu teräsrakenne on yleensä helpompi toteuttaa kuin paikallaan olevaan. Tapauksessa on toki poikkeuksia ja vaihtoehdot ovat syytä miettiä etukäteen parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi.

5.4 Tilapäiset kiinnitykset

Asennuksen yhteydessä saatetaan joutua tekemään tilapäisiä tukia tai kiinnityksiä. Nämä kiinnitykset tehdään joko helpottamaan asennusta tai lisäämään sen turvallisuutta. Tilapäinen tuki poistetaan sen jälkeen, kun asennus on valmis. Poistamisen jälkeen rakenteen tulee olla sileä, perusaineessa ei saa olla säröjä ja lopuksi suoritetaan vaadittu pintakäsittely (SFS ry 2012, 48). Tilapäiset kiinnitykset ovat sallittuja toteutusluokkaan EXC2 asti ilman lisävaatimuksia ja ne voidaan ottaa pois joko leikkaamalla tai talttaamalla. Näitä toimenpiteitä ei kuitenkaan sallita toteutusluokissa EXC3 ja EXC4, ellei toisin esitetä.

6 KIINNITTÄMINEN

Kun esivalmistelut ovat tehty huolella, on kantavan teräsrakenteen paikalleen asentamisen aika. Teräsrakenteita kiinnitetään yleensä joko hitsaamalla tai ruuviliitoksilla. Teknisissä piirustuksissa ja standardissa on tarkoin määritetty kiinnitystapaa koskevat asiat, joita pitää noudattaa. Teräsrakenteiden liitoksissa pitää ottaa huomioon vaatimukset koskien kestävyyttä, turvallisuutta ja käyttöikää.

Hitsaus- ja ruuviliitoksissa on hyviä ja huonoja puolia, joista muutamia huomioita listattuna.

Hitsausliitoksen edut:

- Helppo suunnitella, kun ei tarvitse ottaa huomioon kahden eri rakenteen reikäjakoja.
- Rakenteiden hienosäätö helpompi toteuttaa hitsausliitoksella. Esimerkiksi, jos rakenteiden jatkoissa käytetään niin sanottua holkkiliitosta.

Hitsausliitoksen haitat:

- Toisaalta hitsausliitos on vaikea suunnitella, kun joutuu ottamaan huomioon hitsauksesta aiheutuvat muodonmuutokset rakenteissa.
- Kantavan teräsrakenteen hitsaaminen tarvitsee pätevyyden.
- Hitsauskone tarvitsee sähköä, ja sähköjohdon vetäminen paikasta A paikkaan B voi olla aikaa vievää työmaaolosuhteissa.
- Hitsausliitos tarvitsee puhdistaa ja pintakäsitellä hitsauksen jälkeen pohjamaalilla ja pintamaalilla, korroosion estämiseksi.
- Hitsausliitos on kallis monen eri työvaiheen takia verrattuna ruuviliitokseen.

Ruuviliitoksen edut:

- Ruuviliitos on nopea toteuttaa myös työmaaolosuhteissa ja täten myös halpa.
- Jokainen osaa kiristää ruuviliitoksen, eikä siihen tarvitse pätevyyksiä.
- Akkukäyttöinen mutterinväännin ja kiintolenkki riittävät työkaluiksi ruuviliitoksen kiristämiseen, ei tarvita sähköjohtoja.
- Ruuviliitos voidaan avata ja sulkea vaivatta, vaurioittamatta pintakäsittelyä.
- Ruuviliitosta ei tarvitse pintakäsitellä.

Ruuviliitoksen haitat:

- Teräsrakenteiden ruuviliitoksen reikien yhteensopivuus keskenään.

- Ruuvien ja muttereiden puhtaus työmaaolosuhteissa.

Nämä seikat tulee ottaa huomioon suunnitellessa ja toteuttaessa teräsrakenteen kiinnittämistä joko ruuviliitoksella tai hitsaamalla. Yhteenvedona voidaan todeta, että yleisesti teräsrakenteet kannattaa suunnitella siten, että osarakenne olisi pajalla hitsattu niin suurena kokonaisuutena, mitä se vain on mahdollista kuljetuksen ja asennuksen puitteissa. Työmaalla ne sitten liitettäisiin toisiinsa ruuviliitoksien.

6.1 Hitsausliitos

Hitsaus pitää suorittaa standardin EN ISO 3834 tai EN ISO 14554 vaatimusten mukaisesti. Toteutusluokasta riippuen käytetään EN ISO 3834 standardin osia seuraavasti:

- EXC1 Osa 4 ”Peruslaatuvaatimukset”
- EXC2 Osa 3 ”Vakiolaatuvaatimukset”
- EXC3 ja EXC4 Osa 2 ”Kattavat laatuvaatimukset”

Standardissa on myös määritetty eri toteutusluokille hitsausluokat, jotka ovat alapuoliossa taulukossa yksi. Hitsiluokan vaativuustaso nousee, toteutusluokan noustessa. Hitsiluokka D on tyydyttävä ja B on vaativa. Luokkajako perustuu sallittujen virheiden määrään hitsissä. Luokissa B ja C sallitaan vain niin pieniä virheitä, etteivät ne vaikuta teräsrakenteen staattiseen kuorman kantokykyyn. Luokkaa D ei suositella käytettäväksi, jos hitsausaumaan kohdistuu voimia teräsrakenteesta tai ulkoisesta tekijästä.

TAULUKKO 1. Toteutusluokkien hitsiluokat.

Toteutusluokka	Hitsiluokka
EXC1	D
EXC2	C sekä D
EXC3	B
EXC4	B+ (Lisävaatimuksia)

Toteutusluokassa EXC2 on yleensä vaatimuksena hitsiluokka C, mutta reunahaava, pin-
tapalon valuma sekä sytytysjälki virhetyypeille käytetään hitsiluokkaa D. Toteutusluo-

kalle EXC4, käytetään hitsiluokkaa B lisävaatimuksineen, jotka selviävät taulukosta kaksi.

TAULUKKO 2. Hitsiluokan B+ lisävaatimukset.

Virhetyyppi		Virheen rajat
Reunahaava		Ei sallita
Sisäiset huokokset	Päittäishitsit	$d \leq 0,1 s$, kuitenkin enintään 2 mm
	Pienahitsit	$d \leq 0,1 a$, kuitenkin enintään 2 mm
Sulkeumat	Päittäishitsit	$h \leq 0,1 s$, kuitenkin enintään 1 mm $\leq s$, kuitenkin enintään 10 mm
	Pienahitsit	$h \leq 0,1 a$, kuitenkin enintään 1 mm $\leq a$, kuitenkin enintään 10 mm
Sovitusvirhe		$h < 0,05 t$, kuitenkin enintään 2 mm
Vajaa juuri		Ei sallita

Taulukosta nähdään, että virherajojentoleranssit ovat pienet, niin kuin vaativassa toteutusluokassa kuuluukin.

Etenkin puikkohitsauksessa (111) on tehtävä toimenpiteitä, jos sytytysjälkiä pääsee syntymään. Toimenpiteistä huolimatta on ne hiottava kevyesti pois. Hitsausroiskeita tulee välttää ja toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 ne tulee poistaa. Ennen seuraavan palon hitaamista on ehdottoman tärkeää, että näkyvät virheet kuten halkeamat ja ontelot sekä kuona on poistettu. (SFS ry 2012, 51.)

Teräsrakenteen teknisessä piirustuksessa voi olla merkattuna hitsin viimeistelyaste standardin EN 8501-3 mukaan. Standardissa on määritetty hitseille viimeistelyasteet P1, P2 ja P3. Viimeistelyaste tarkoittaa hitsille tehtävää esikäsittelyä ennen paikkamaalaamista. P1 on kevyt esikäsittely, P2 on perusteellinen esikäsittely ja P3 on erittäin perusteellinen esikäsittely. Viimeistelyasteissa on yhtäläisyyksiä hitsausluokkien vaatimuksien kanssa. Tärkeintä ennen paikkamaalausta asennushitseistä on poistaa kuona, roiskeet ja putsata hitsin ympäristö esimerkiksi teräsharjalaikalla. Näin tehtynä alustasta saadaan puhdas ja mahdollisimman hyvin korroosionkestävä.

Teknisessä piirustuksessa voi olla myös merkattuna rakenteen hitsien hyväksikäyttöaste. Tämä pitää olla merkattuna, jos se on yli 50 prosenttia. Hyväksikäyttöaste tarkoittaa hitsin mitoituskapasiteetin ja rakenteeseen vaikuttavan mitoituskuorman suhdetta. Jos hitsausliitoksen laskennallinen mitoituskapasiteetti on 600 kN ja siihen vaikuttava las-

kennallinen mitoituskuorma on 400kN, niin mitoituskuormitus on 67 % mitoituskapasiteetista. Tilanteessa on siis 0,67 hyväksikäyttöaste, joka osoittaa kuinka suuri osa hitsausliitoksen mitoituskapasiteetista on käytössä. Hitsien hyväksikäyttöasteella ei sinänsä ole merkitystä asennustyössä, mutta hyväksikäyttöasteen ollessa korkea, on erityisesti kiinnitettävä huomiota hitsaukseen ja sen tarkastukseen.

6.1.1 Hitsausliitoksen tarkastus

Toteutusluokissa EXC2–EXC4 hitsauksen koordinointia tulee suorittaa siihen pätevöitynyt henkilöstö. Heillä pitää olla standardin EN ISO 17431 mukainen pätevyys ja kokemus. Standardi määrittelee hitsauksen koordinoinnin hitsien suunnittelusta tarkastukseen eli hitsien tarkastus on vain osa hitsauksen koordinointia. Valmistajan velvollisuus on nimetä ainakin yksi vastuullinen hitsauskoordinoija. Hänellä pitää olla yleinen tekninen tietämys hitsausliitoksista sekä laaja osaaminen määritetylle hitsausprosessille, jota henkilö koordinoi. Osaaminen voi perustua aikaisempaan koulutukseen tai käytännön kautta hankittuun kokemukseen. Koordinointiin liittyy muun muassa hitsaajien pätevyystodistuksien voimassa oloajan ja pätevyysalueen tarkastus, hitsauslaitteiden tarkastus ja vaadittavista huoltotoimenpiteistä huolehtiminen, hitsausohjeiden noudattamisen seuranta, materiaali tarkastus ennen hitsausta ja hitsin tarkastaminen hitsaamisen jälkeen sekä hitsin poikkeamien todentaminen ja korjaustoimenpiteiden määrittäminen. Hitsauksien suorittavalla osapuolella niin hitsaajalla kuin asennusvalvojalla on suuri vastuu, että hitsaukset ja tarkastukset tulee suoritetuksi asianmukaisesti.

Ennen hitsausta ja hitsauksen aikana vaaditut tarkastukset tulee olla esitettyinä tarkastussuunnitelmassa. Tarkastussuunnitelma on vaadittu asiakirja toteutusluokissa EXC2, EXC3 ja EXC4. Kaikki hitsit kaikissa toteutusluokissa tarkastetaan silmämääräisesti 100 %. Toteutusluokassa EXC 1, hitseille ei vaadita muuta kuin silmämääräinen tarkastus, ellei ole toisin esitetty.

Silmämääräisen tarkastuksen on sisällettävä seuraavia asioita:

- Hitsien olemassaolon ja sijainnin tarkastus.
- Sytytysjäljet ja roiskeet.
- Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenneputkien haaraliitoksissa oleviin nurkkiin, koska niissä kohdissa sauma jää herkästi raa´aksi.

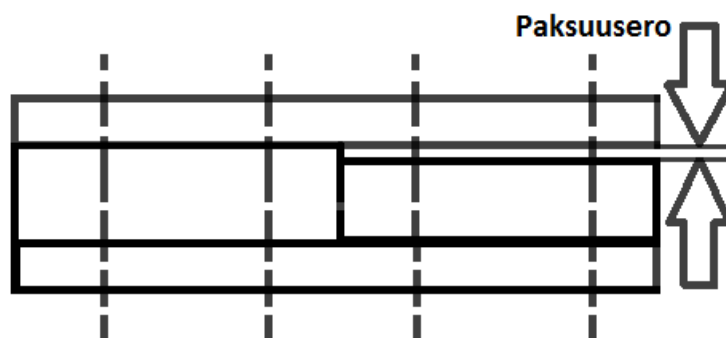
- Hitsien tarkastaminen standardin EN 17637 mukaisesti.

NDT menetelmää käytettäessä valitaan standardin EN 12062 mukainen hitsien tarkastustapa. Yleisesti ottaen radiografista- tai ultraäänitarkastusta käytetään päittäishitseille ja magneettijauhe- tai tunkeumanestetarkastusta pienahitseille. NDT tarkastus on standardisoitua toimintaa, joten sitä saa tehdä vain siihen pätevöitynyt henkilö. Poikkeuksena tästä kuitenkin on silmämääräinen tarkastus, johon ei vaadita pätevöintiä. Valmistajan on kuitenkin osoitettava, että tarkastaja on siihen pätevä.

6.2 Ruuviliitos

Ruuviliitos on ruuvikokoonpano, jossa on yhteensopiva ruuvi, mutteri ja yleensä myös aluslaatat. Standardissa selvitetään kahden erilaisen ruuviliitoksen kriteerit, esijännittämisen ja esijännitetty. Ruuviliitoksiin vaikuttaa joko leikkaus- tai vetovoima tai molemmat. Liitokset on jaettu kahteen eri ryhmään, leikkaus- tai vetovoima kiinnitys. Leikkausvoiman ryhmään kuuluu kolme alakategoriaa, kiinnitysluokat ovat a, b ja c. Kiinnitysluokka a on reunapuristus kiinnitys, joissa ei vaadita ruuvien esijännittämistä. Kiinnitysluokka b on käyttörajatilanteessa, ja c on murtorajatilanteessa liukumisen kestävä kiinnitys, joissa kummassakin käytetään esijännitettäviä ruuveja. Vetovoiman ryhmässä on kaksi alakategoriaa, jotka ovat d ja e. Kiinnitysluokassa d ei vaadita ruuvien esijännittämistä, mutta luokassa e esijännitys vaaditaan.

Samassa tasossa olevien erillisten levyjen välinen paksuusero (Kuva 2) saa olla enintään 2 mm ja esijännitettäviä ruuveja käytettäessä enintään 1 mm. Täytelevyjä käytettäessä niiden paksuus tulee olla vähintään 2 mm.



KUVA 2. Erillisten levyjen välinen paksuusero.

Täytelevyjen lukumäärä tulee rajoittaa korkeintaan kolmeen kappaleeseen ja niiden tulee vastata korroosio- ja lujuusominaisuuksiltaan viereisten levyosien materiaalia. Eri-laisten metallien kontaktista aiheutuva sähkökemiallisen korroosion vaarat ja seuraukset tulee ottaa huomioon. (SFS ry 2012, 54.)

Kantavien teräsrakenteiden ruuviliitoksissa on tärkeää, että liitos lukitaan, jos toteutuseritelmässä tai teknisessä piirustuksessa sitä vaaditaan. Liitoksen voi lukita, vaikka sitä ei erikseen mainittaisikaan. Kuvassa kolme on esimerkki oikeaoppisesta ruuviliitoksen lukitsemisesta ja merkkeamisestä. Ruuvin kierre on rikottu lyömällä kahteen eri paikkaan pistepuikolla mutterin juureen. Lukitsemisen jälkeen ruuvikokoonpanoon on merkattu tussilla rasti, jotta tiedetään, että kyseinen ruuviliitos on kiristetty ja lukittu. Ruuveja ja muttereita ei saa hitsata lukitakseen ruuviliitosta, ellei toisin ole vaadittu.



KUVA 3. Ruuvikokoonpanon oikeaoppinen lukitseminen ja merkkeäminen.

Ruuvikokoonpanossa ruuvin kierrettä pitää olla näkyvissä vähintään yhden täyden kierroksen verran mutterin pinnasta katsottuna ulkopuolella. Sääntö koskee niin esijännittämätöntä kuin esijännitettyä ruuviliitosta. Jos käytetään osakierre ruuvia, niin mutterin ja kierteettömän osan välissä pitää olla yksi täysi kierre, esijännittämättömässä ruuviliitoksessa. Esijännitettyssä ruuviliitoksessa pitää olla neljä täyttä kierrettä.

6.2.1 Esijännittämätön ruuviliitos

Kiinnitettävät kokoonpanot tulee liittää tiiviisti yhteen ja jokainen ruuvikokoonpano tulee vääntää vähintään tiukkaan kiristykseen. Tiukka kiristys voidaan katsoa saavutetuksi, kun asentaja käyttää tavallisen kokoista ruuviavainta ilman lisävartta tai, kun iskevä momenttiavain alkaa vasaroida. (SFS ry 2012, 56.) On kuitenkin huomioitava, että iskeviä mutterinvääntimiä on erikokoisia, joilla saadaan aikaiseksi eri momentti. Vääntömomentit löytyvät laitteen ohjeista. Laadukkaimmissa akullisissa mutterinvääntimissä on säädettävissä kiristysmomentti, usein kolmen eri vaihtoehdon väliltä. On myös tärkeää ottaa selvää laitteen tiedoista, kuinka suurelle kapasiteettialueelle laite on tarkoitettu, jotta vältetään ali- tai ylikiristykseltä ruuvikokoonpanossa. Mutterinvääntimen kiristysmomentin tarkistaminen on syytä tehdä säännöllisin väliajoin, esimerkiksi momenttiväännintä apuna käyttäen. Tarkistuksen voi tehdä niin, että kiristetään mutterinvääntimellä ruuvikokoonpano haluttuun momenttiin ja tarkastetaan saavutettu kiristysmomentti manuaalisesti momenttivääntimellä.

Ylikiristämistä tulee varoa erityisesti M12 ruuveilla. Ruuviryhmän ruuvien kiristäminen tulee aloittaa jäykimmästä kohdasta. Tasaisen tiukka kiristys ruuvikokoonpanolle voi vaatia enemmän kuin yhden kiristyskierroksen. Alla olevassa taulukossa kolme, on koottu lujuuksiltaan erilaisten ruuvien suurimmat sallitut kiristysmomentit.

TAULUKKO 3. Ruuvien suurimmat sallitut kiristysmomentit.

	Suurimmat sallitut kiristysmomentit (Nm)								
	Hiiliteräkset			Austeniittiset teräkset					
	8.8	10.9	12.9	A2-70 & A4-70 (RST ja HST)			A2-80 & A4-80 (RST ja HST)		
Kitkakerroin μ	0,14			0,10	0,20	0,30	0,10	0,20	0,30
M12	93	137	160	50	74	88	67	100	117
M16	230	338	395	121	183	218	161	245	291
M20	464	661	773	224	370	439	325	494	586
M24	798	1136	1329	400	608	724	534	810	966
M30	1597	2274	2662	-	-	-	-	-	-
M36	2778	3957	4631	-	-	-	-	-	-

Taulukossa ei ole määritetty M30-M36 austeniittiteräs ruuveille suurinta sallittua kiristysmomenttia, koska nämä koot ovat harvinaisia teräsrakenteiden ruuviliitoksissa.

6.2.2 Esijännitetty ruuviliitos

Esijännitetty ruuviliitos tarkoittaa sitä, että ruuvi kiristetään määrättyyn esijännitys voimaan. Määrättyä esijännitystä käytetään esimerkiksi paikoissa, kun varmistetaan liukumiskestävyys, väsymiskestävyys tai pitkäaikaiskestävyys sekä värähdysalttiille rakenteelle. (Ferrometal 2015.) Kaikilla näillä seikoilla pyritään parantamaan turvallisuutta ja toiminnallisuutta.

Standardissa määritetään minimiesijännitysvoimaan tarvittavan vääntömomenttien laskentakaavat. Ne ovat tarkoitettu lähinnä suunnittelijaa varten, jotta hän pystyy laskemaan ruuviliitokselle standardin mukaisen esijännitysvoiman. Kun vaadittu esijännitysvoima on tiedossa, suunnittelija voi merkata piirustukseen ruuvikokoonpanon kiristysmomentin. Suunnittelija voi käyttää myös taulukon neljä mukaista yleistä tapaa ilmoittaaakseen kiristysmomentit piirustuksessa.

TAULUKKO 4. Ruuvikokoonpanon kiristysmomentit.

Jos piirustuksessa ei toisin mainita, käytössä ovat seuraavat kiristysmomentit [laatuluokka 8.8].	
KOKO	MOMENTTI
M12	85 Nm
M14	135 Nm
M16	200 Nm
M18	300 Nm
M20	400 Nm
M22	580 Nm
M24	730 Nm
M27	1000 Nm
M30	1300 Nm

Taulukossa on ilmoitettu ruuvikokoonpanon laatuluokka, joka on kyseissä tapauksessa 8.8 ja kohteessa käytettävät kiristysmomentit.

Esijännitetty ruuviliitos saadaan aikaiseksi usealla eri menetelmällä, jotka voivat olla vääntömomenttimenetelmä, yhdistetty menetelmä, HRC -kiristysmenetelmä ja suoraan

vedonilmaisuun perustuva menetelmä. Kaikilla menetelmillä kiristys tapahtuu kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa liitoksen kaikki ruuvikokoonpanot kiristetään yleensä ”tiukkaan” kiristykseen, jonka jälkeen toisessa vaiheessa ne kiristetään lopulliseen laskettuun kiristysmomenttiin. Kaikilla menetelmillä ruuvikokoonpanot ylikiristetään. Tämän tarkoituksena on huomioida esijännitysvoiman mahdollinen pienentyminen. Pienentyminen voi johtua esimerkiksi teräsrakenteen maalipinnan heikentymisestä. Ruuvikokoonpanon tarkastuksella on iso merkitys tämän asian takia.

Esijännittäminen tulee tehdä kalibroidulla ja työn aikana määrävälein tarkistettavalla työkalulla menetelmästä riippumatta. Tämä toimintatapa on itsessään osa esijännitettyjen ruuviliitosten tarkastusta. Toteuttaja voi itse valita kiristysmenetelmän, jos ei ole mitään menetelmää määritetty. Usein käytetty menetelmä esijännitettyjen ruuvien kiristämiseen on vääntömomenttimenetelmä.

Standardi EN ISO 6789 määrittää käsikäyttöisen momenttityökalun kalibroinnissa käytettävät testimenetelmät ja vaatimukset. Se ei ota kuitenkaan kantaa kuinka usein kalibrointi tulee suorittaa. Työkalujen asianmukainen kalibrointi on osa laadunvarmistusta. Säännöllisellä huollolla ja kalibroinnilla laitteet toimivat paremmin ja mittaepävarmuus paranee. Vääntömomenttimenetelmää käytettäessä momenttiavaimen tarkkuus tulee olla vähintään ± 4 %. Jos momenttiavain esimerkiksi putoaa tai ylikuormittuu, on kalibrointi suoritettava momenttiavaimelle ennen seuraavaa käyttöä. Momenttiavaimen kalibrointitodistukset tulee tarpeen vaatiessa tarkistaa asianmukaisen tarkkuuden tarkistamiseksi.

6.2.3 Ruuviliitosten tarkastus

Kaikki ruuviliitokset tarkastetaan silmämääräisesti kiinnityksen jälkeen, kun rakenne on oikaistu/ linjattu. Esijännittämättömästä ruuviliitoksesta tarkastetaan, että siinä on täysi määrä ruuveja ja kaikki ovat silminnähden kiristetty. Jos poikkeavuus havaitaan, ja jos se johtuu paksuuserosta, niin se ei saa ylittää raja-arvoa. Jos raja-arvo ylittyy, on kiinnitys tehtävä uudelleen, käyttäen oikean kokoisia täytelevyjä.

Levyjen, joiden paksuus on yli 4 mm ja profiilien, joiden ainepaksuus on yli 8 mm, voidaan liitosten reunoissa hyväksyä 4 mm raot. Kuitenkin niin, että keskellä liitosta saavu-

tetaan tiivis kosketus, sillä jokainen ruuvikokoonpano pitää asentaa vähintään tiukkaan kiristykseen.

Esijännitetyt ruuviliitokset tulee tarkastaa 12 h - 72 h lopullisen kiristyksen jälkeen. Tarkastus suoritetaan vääntömomenttiin perustuvassa menetelmässä, kalibroidulla momenttivääntimellä. Mutterin kääntyessä enemmän kuin 15° , on se alikiristynyt ja koko ruuvikokoonpano tulee kiristää uudelleen vaadittavaan vääntömomenttiin.

7 TOLERANSSIT

Rakenteen geometrisiä poikkeamien tyyppejä on kaksi, jotka ovat olennaiset toleranssit ja toiminnalliset toleranssit. Kummatkin toleransseista ovat velvoittavia, joten toleranssiylitykset velvoittavat toimenpiteisiin. Olennaiset toleranssit ja toiminnalliset toleranssit ovat standardissa jaettu kahteen ryhmään, valmistus- ja asennustoleransseihin.

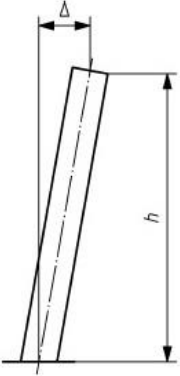
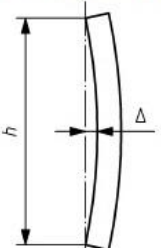
7.1 Olennaiset toleranssit ja poikkeamat

Olennaiset toleranssit ovat valmiin rakenteen kestävyys- ja stabiiliuteen olennaisesti vaikuttavia poikkeamia. Kokoonpanojen painosta aiheutuvat kimmoiset muodonmuutokset eivät sisälly sallittuihin poikkeamien arvoihin. Painosta aiheutuva voima rakenteeseen on tilanteessa elastisella puolella ja näin ollen tästä ei aiheudu pysyviä muodonmuutoksia rakenteeseen. (SFS ry 2012, 76.)

Olennaisten toleranssien pitää olla standardin liitteen D.1 mukaisia. Liitteessä olevat arvot ovat sallittuja poikkeamia. Jos mitattu poikkeama ylittää sallitun arvon, se pitää käsitellä poikkeavuutena standardin kohdan 12 mukaisesti. Uusintalaskelmalla voidaan todeta rakenne hyväksytyksi poikkeavuudesta huolimatta, jos näin ei kuitenkaan tehdä on rakenne korjattava oikeanlaiseksi.

Yksi tärkeimmistä olennaisista asennustoleransseista on yksikerroksisten rakennusten pilarien sallittu vinous- ja suoruustoleranssit. Kuljettimen teräsrakenteet käsitetään yksikerroksisena rakennuksena ja näin ollen näiden tukipilarien vinous- ja suoruustoleranssit löytyivät standardista ja ovat taulukossa viisi.

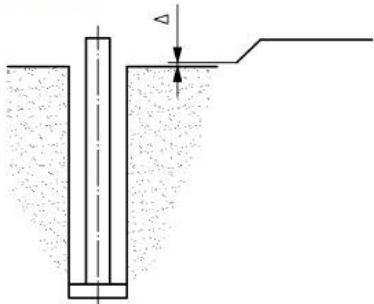
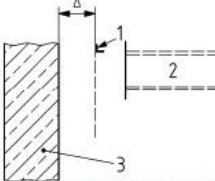
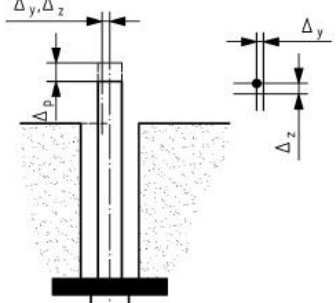
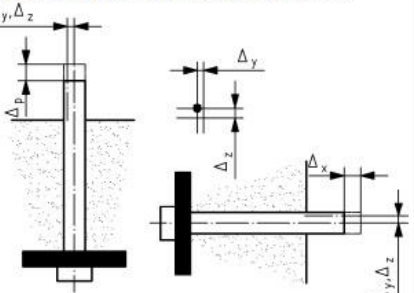
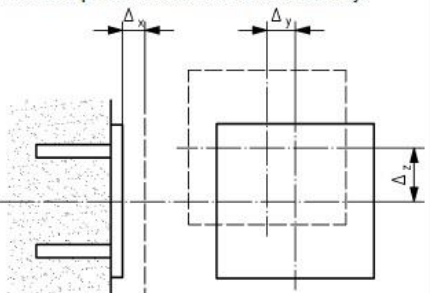
TAULUKKO 5. Yksikerroksisten rakennusten pilarit (SFS ry 2012, 118).

Nro	Poikkeaman tyyppi	Mittauskohde	Sallittu poikkeama Δ
1	<p> A1> Yksikerroksisten rakennusten pilarien vinous: <A1 </p> 	Kokonaisvinous kerroskorkeuden h matkalla:	$\Delta = \pm h / 300$
4	<p>Yksikerroksisen pilarin suoruus:</p> 	<p>Pilarin sijainti pohjan ja huipun sijaintipisteitä yhdistävän suoran linjan suhteen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – yleensä – rakenneputkille 	$\Delta = \pm h / 750$ $\Delta = \pm h / 750$

7.2 Toiminnalliset toleranssit ja poikkeamat

Toiminnalliset toleranssit ovat yhteen sopimisen ja ulkonäön täyttymiseen vaikuttavia poikkeamia. Standardissa on eriteltyä paljon erilaisia toiminnallisia toleransseja ja ne pitää olla standardin liitteen D.2 mukaisia. Toiminnallisiin toleransseihin kuuluu muun muassa betoniperustuksien ja tukien, esimerkiksi perustusruuvien sallitut poikkeamat, jotka ovat esitettyinä taulukossa kuusi.

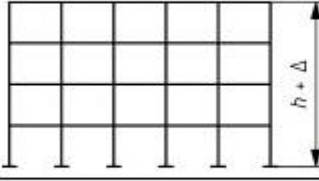
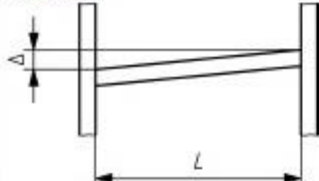
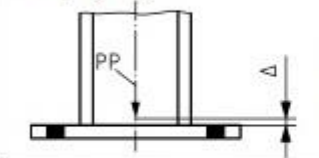

TAULUKKO 6. Perustusruuvién sallitut poikkeamat (SFS ry 2012, 146).

Nro	Poikkeaman tyyppi	Mittauskohde	Sallittu poikkeama Δ
1	Perustustaso: 	Poikkeama Δ esitetystä tasosta:	$-15 \text{ mm} \leq \Delta \leq +5 \text{ mm}$
2	Pystysuora seinä:  <div style="margin-left: 10px;"> Selite 1 esitetty sijainti 2 teräskokoonpano 3 tukiseinä </div>	Poikkeama esitetystä sijainnista teräskokoonpanon tuentapisteen kohdalla:	$\Delta = \pm 25 \text{ mm}$
3	Esiasennettu perustusruuvi, jota säädetään: 	Poikkeama Δ esitetystä sijainnista ja ulkonema: – kärjen sijainti: – pystysuora ulkonema Δ_p : HUOM. Sallittu poikkeama ruuviryhmän keskiön sijainnille on 6 mm.	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq +25 \text{ mm}$
4	Esiasennettu perustusruuvi, jota ei säädetä: 	Poikkeama Δ esitetystä sijainnista, korkeusasema ja ulkonema: – kärjen sijainti tai korkeusasema: – pystysuora ulkonema Δ_p : – vaakasuora ulkonema Δ_x : HUOM. Sijainnin aseman sallittu poikkeama koskee myös ruuviryhmän keskiötä.	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 3 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq 45 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_x \leq 45 \text{ mm}$
5	Betoniin upotettu teräksinen ankkurointilevy: 	Poikkeamat $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ esitetystä sijainnista ja korkeusasemasta:	$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$

Taulukossa seitsemän on rakennuksia koskevia korkeus- ja vinous asennustoleransseja. Taulukon sarakkeessa numero yksi on teräsrakenteen kokonaiskorkeuden poikkeama,

jossa on huomioitavaa, että kokonaiskorkeus määritetään perustustason suhteen. Kuljetinrakenteen korkeus määräytyy täten tukipilarin perustustason suhteen.

TAULUKKO 7. Rakennuksia koskevat korkeus- ja vinous asennustoleranssit (SFS ry 2012, 152).

Nro	Poikkeaman tyyppi	Mittauskohde	Sallittu poikkeama Δ	
			Luokka 1	Luokka 2
1	Korkeus: 	Kokonaiskorkeus perustustason suhteen: $h \leq 20 \text{ m}$ $20 \text{ m} < h < 100 \text{ m}$ $h \geq 100 \text{ m}$	$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,5 (h + 20) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2 (h + 200) \text{ mm}$ [h metreinä]	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,25 (h + 20) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,1 (h + 200) \text{ mm}$ [h metreinä]
3	Kaltevuus: 	Korkeus palkin toisen pään suhteen	$\Delta = \pm L / 500$ kuitenkin enintään $ \Delta \leq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L / 1000$ kuitenkin enintään $ \Delta \leq 5 \text{ mm}$
5	Pilarin pohjalevy: 	Pilarin rungon alapään korkeusasema sen sijaintipisteelle (PP) annetun korkeusaseman suhteen	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
6	Suhteelliset korkeusasemat: 	Viereisten palkkien korkeusasemat vastaavista päistä mitattuna	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$

Taulukon sarakkeet kolme, viisi ja kuusi voidaan ajatella kuljettimen teräsrakenteen kaltevuuden toleransseiksi. Sarakkeet viisi ja kuusi määrittävät sallitut toleranssit kuljettimen tukipilarille. Tukipilarien poikkeamat taas vaikuttavat kuljettimen vinouteen, jolle on määritetty sarakkeessa kolme oma toleranssi. Taulukossa seitsemän on myös oikeinpuoleiseen sarakkeeseen merkattu noudatettava toleranssiluokka, jonka pitäisi selvittää toteutuseritelmästä.

Teräsrakenteessa kiinnitystä varten oleville ruuvien rei'ille, on sallittua tehdä vain muutamien millien isontaminen kaikissa toteutusluokissa. Isontamisella tarkoitetaan sitä, että reiästä tulee hieman soikea. Jos reiän isontaminen ei auta, on reikää mahdollista avartaa. Jos kumpikaan toimenpiteistä ei auta, on neuvoteltava teräsrakenteen suunnittelijan kanssa tehtävistä toimenpiteistä.

8 PINTAKÄSITTELY

Korroosioaurioiden estämiseksi teräsrakenteet suojataan tavallisesti siten, että ne kestävät korroosiota rakenteiden vaaditun käyttöiän. Riittämättömästä korroosionestosta voi aiheutua vakavia seurauksia. Vaatimusten ja suositusten noudattamatta jättämisestä voi aiheutua huomattavia taloudellisia seuraamuksia. Standardissa viitataan maalattavien pintojen yksityiskohtaisten vaatimusten osalta standardiin SFS-EN ISO 12944. Lisäksi kaikkien maaleilla ja vastaavilla tuotteilla käsiteltäväksi tarkoitettujen pintojen tulee täyttää standardin SFS-EN ISO 8501 vaatimukset.

Jos esipinnoitettuja teräsrakenteita hitsataan, menetelmät ja pinnoituksen laajuus on esitettävä toteutuseritelmässä. Käytännössä useimmiten on niin, että jos pinnoitus kärsii hitsauksessa tai asennuksen yhteydessä, se korjataan samantasoisesti kuin se oli alun perin. Suojaus siis pitää olla vähintään samantasoinen kuin mitä teräsrakenteen rasitusluokka vaatii.

8.1 Erilaisten materiaalien rajapinta

Erilaisten sähkökemiallisten metallien rajassa tulee noudattaa tarkoin standardin ohjeita ja tällaisessa tilanteessa, tulee korroosionestoa jatkaa hitsistä vähintään 20 mm (SFS ry 1998, 10). Teräsrakenne, joka tulee betonin kanssa kosketuksiin, tulee pinnoittaa vähintään ensimmäisen 50 mm matkalta samalla tavalla kuin muu teräsrakenne. Jos teräsrakenteen perustukseen tulee jälkivalu, tulee pinnat puhdistaa ruosteesta ja irtoaineksesta ennen valua. (SFS ry 2012, 74.)

8.2 Suojamaaliyhdistelmämerkintä

Ympäristöolosuhteiden luokittelu määritetään standardissa EN 12944 ilmastorasitusluokkina ja luokkia on yhteensä kuusi:

- C1 hyvin lievä
- C2 lievä
- C3 kohtalainen

- C4 ankara
- C5-I erittäin ankara (teollisuus)
- C5-M erittäin ankara (meri)

Ilmastorasitusluokka määrittelee pintakäsittelyn kriteerit kohteelle ja siten myös suoja-maaliyhdistelmälle.

Standardissa EN 12944, käytetään käsitettä suojamaaliyhdistelmä, joka muodostuu esi-käsittelystä ja pinnan suojaukseen käytettyjen maalien muodostamasta maalikalvosta, joka suojaa korroosiolta. (SFS ry 1998, 28.) Taulukossa kahdeksan on esimerkki stan-dardin mukaisesta suojamaaliyhdistelmämerkinnästä.

TAULUKKO 8. Esimerkki suojamaaliyhdistelmämerkinnästä.

	SFS-EN ISO 12944	EP	160	/	2	Fe	Sa 2 ^{1/2}
Standardin tunnus							
Järjestelmään kuuluvat maalityypit							
Nimelliskalvonpaksuus µm							
Maalauskerrosten lukumäärä, kpl							
Maalausalue							
Esikäsittelyaste							

Suojamaaliyhdistelmämerkinnästä selviää kaikki oleelliset asiat tarvittavasta pinnoituk-sesta. Siinä on ilmoitettu noudatettava standardin tunnus, siihen järjestelmään kuuluvat maalityypit, nimelliskalvonpaksuus, maalauskerrosten lukumäärä, maalausalue sekä esikäsittelyaste. Taulukossa yhdeksän on esimerkkejä erilaisista maalityyppien tunnuk-sista.

TAULUKKO 9. Erilaisten maalityyppien tunnukset.

Akryylimaalit	AY
Alkydimaalit	AK
Epoksimaalit	EP
Hartsimodifioidut epoksimaalit	EP
Polyuretaanimaalit	PUR
Polyvinyylibutyraanimaalit	PVB
Kloorikautsumaat	CR
Silikonimaalit	SI
Sinkkisilikaattimaalit	ESIZn (R)
Vinyyliimaalit	PVC
Sinkkiepoksimaalit	EPZn (R)

Maalausalausta merkintä tulee suoraan kemiallisesta merkinnästä. Esimerkiksi Fe on rauta, Zn on sinkki ja Al on alumiini.

Esikäsitteilyasteet määritellään standardissa SFS-ISO 8501-1. Siinä kuvataan esikäsitteilytoimenpide ja puhdistusaste numeroina 1, 2, 2^{1/2} tai 3. Numero kuvaa puhdistusastetta valssihilseestä, ruosteesta tai aikaisemmasta pinnoitteesta. Numero yksi tarkoittaa kevyttä puhdistusta ja numero kolme, että pinta pitää saada metallin puhtaaksi. Taulukossa kymmenen on esikäsitteilytoimenpiteet ja niiden tunnuksat.

TAULUKKO 10. Esikäsitteilytoimenpiteet ja niiden tunnuksat.

Esikäsitteilytoimenpide	Tunnus
Lian ja rasvan poisto	Pe
Teräsharjaus	St
Tartuntamaalaus	Ta
Paikallinen puhdistus käsi- tai konetyökaluilla	PSt
Paikallinen koneellinen puhdistus	PMa
Happopeittaus	Be
Kromatointi	Kr
Fosfatointi	Fo
Epoksikonepajapohja	E, EPF
Polyvinyylibutyraalikonepajapohja	PVB, PVBF
Sinkkisilikaattikonepajapohja	SS, ESIZ
Sinkkiepoksikonepajapohja	SE, EPZ
Suihkupuhdistus	Sa
Liekipuhdistus	FI
Pyyhkäisysuihkupuhdistus	SaS
Paikallinen suihkupuhdistus	PSa

Teräsrakennetta ei saa pintakäsitellä, jos:

- Teräsrakenne on märkä.
- Lämpötila alittaa maalin valmistajan suositteleman lämpötilan.
- Lämpötila on alle 3 °C:ta kastepisteen yläpuolella, ellei ohjeessa ole muuta määritetty.

9 DOKUMENTOINTI

Asennustyöhön liittyvistä dokumenteista osa on pakollisia standardin määrittämiä ja osa on asennustyötä tekevän yrityksen laadunhallinnanjärjestelmä standardin SFS-EN ISO 9001 kannalta oleellisia dokumentteja. Työmaalla pakolliset dokumentoinnit selviävät toteutuseritelmästä. Yleisin asennustyöhön liittyvä dokumentti on hitsaajan pätevyystodistus. Laadunhallintajärjestelmän kannalta yritykselle on tärkeää pitää ajan tasalla hitsaajien pätevyystodistukset ja muut oleelliset dokumentit. Tämä luo jo itsessään kuvan yrityksen toiminnasta ja ulkopuoliset tulevat vakuuttuneiksi siitä, että yrityksellä on edellytykset tehdä asennustyö laadukkaasti ja dokumentoinnit siitä asianmukaisesti.

9.1 Hitsaajan pätevyystodistus

Asennustyöhön oleellisesti kuuluvan pakollisen hitsaajan pätevyystodistuksen saamiseksi hitsaajan on käytännön kokeella todennettava vaadittu laatu, jota työmaalla tulee noudattaa. Kun koe on suoritettu hyväksytysti, voidaan olla vakuuttuneita siitä, että hitsaajalla on edellytykset hitsata vaadittua laatua myös työmaalla. Hitsaajan pätevyystodistuksesta selviää muun muassa seuraavia tärkeitä asioita: hitsausprosessi, tuotemuoto (levy tai putki), hitsauslaji (päittäis- tai pienaliitos), perusaineryhmä, lisäaineryhmä, suojakaasu, virtalaji ja napaisuus, aineenpaksuus, hitsautumissyvyys, hitsausasento sekä hitsin yksityiskohdat. Muun muassa näiden tietojen perusteella määräytyy pätevyysalue. Pätevyysalueessa näkyy sallitut hitsausprosessit ja -kriteerit, joita hitsaajan tulee noudattaa. Vaadittu pätevyysalue selviää teräsrakenteen toteutusluokasta ja hitsattavasta kohteesta. Jos pätevyysalue ei kata hitsattavaa kohdetta, on hitsaajan suoritettava uusi pätevyystodistus, joka kattaa kyseisen pätevyysalueen.

9.2 Paikkamaalauksen dokumentointi

Teräsrakenteiden paikkamaalaus kuuluu osaksi yrityksen hyvää laadunhallintajärjestelmää. Paikkamaalauksia voidaan joutua tekemään teräsrakenteiden asennushitsauksien takia tai jos rakenteen pintakäsittely on paikallisesti vioittunut. Dokumentin tärkeimpiä asioita, jotka pitävät tulla ilmi ovat projektin nimi, rasitusluokka, maalin valmistaja,

pohja- ja pintamaalin kuivakalvonpaksuus, maalikerroksien lukumäärä, päällemaalausväliaika ja kuivumisaika vallitsevassa lämpötilassa. Dokumentaatiota ei tarvitse tehdä jokaiselle maalattavalla pinnalle erikseen, vaan sen voi tehdä isommalle teräsrakenne kokonaisuudelle kerralla. Esimerkiksi sen voi tehdä kattamaan pitkän kuljetinsillan teräsrakenne kokonaisuus.

9.3 Ruuvikokoonpanon varmennustodistus

Kantavien teräsrakenteiden asennuksessa käytettävät ruuvikokoonpanot ovat pääsääntöisesti CE-merkittyjä. Jos ne eivät ole, ruuvikokoonpanon valmistajan on varmennustodistuksella eli sertifikaatilla osoitettava, että tuotetta voi käyttää ja se on lainsäädännön mukainen. Sertifikaatin myöntää valmistajalle ulkopuolinen taho. Vaikka ruuvikokoonpanot olisi CE-merkitty, toteutuseritelmässä voi olla vaatimuksena, että niiden sertifikaatit tulee silti esittää.

9.4 Materiaalin ainestodistus

Materiaaleille sekä tuotteille on neljä erityyppistä ainestodistusta, jotka ovat laatuvakuutus, koetodistus ja kaksi erityyppistä vastaanottotodistusta. Laatuvakuutus ja koetodistus perustuvat valmistusmenetelmäkohtaiseen tarkastukseen, kun taas vastaanottotodistukset perustuvat toimituseräkohtaiseen tarkastukseen. Laatuvakuutuksessa valmistaja vakuuttaa tuotteen olevan tilauksen mukainen, mutta koetuloksia ei asiakirjassa tarvitse esittää. Koetodistuksessa pelkkä vakuus ei riitä, vaan valmistajan on esitettävä siinä myös koetulokset. Vastaanottotodistukset sisältävät toimituseräkohtaisen tarkastusraportin ja todistuksien vahvistajana toimii yrityksen ulkopuolinen määrätty taho.

Lähtökohtaisesti teräsrakenteen valmistama yritys hoitaa vaadittavien ainestodistuksien dokumentoinnin, koska he hankkivat sitä varten materiaalin ja valmistavat rakenteen. Asennustyömaalla voidaan kuitenkin joutua tekemään rakenteeseen muutoksia. Jos rakenteeseen joudutaan esimerkiksi lisäämään osia, on lisättävistä osista oltava esittää tarpeen vaatiessa ainestodistukset.

9.5 Korjaussuunnitelma

Kantavaa teräsrakennetta koskevat muutokset ja korjaukset ovat tehtävä toteutuseritelmän mukaisesti kuitenkin niin, että mahdollisesta korjauskohteesta tehdään pakollinen korjaussuunnitelma toteutusluokissa EXC2–EXC4. Laadukas korjaussuunnitelma sisältää uuden isometrisen piirustuksen selitteineen mitä ja miten korjataan, korjauksen tekijän nimen, mahdollisten hitsauslaitteiden ja hitsauslisäaineiden listauksen sekä pinnankäsittelyä koskevat vaatimukset. Hitsauslaitteiden ja lisäaineiden sekä pinnankäsittelyä koskevat asiat tehdään usein kuten muillekin rakenteille, mutta ne kuitenkin pitää dokumentoida asianmukaisesti, jotta varmistutaan riittävän hyvästä laatuasosta, joka on myös osa yrityksen hyvää laatusuunnitelmaa. Hyvä korjaussuunnitelma sisältää myös korjauskohteelle hitsausohjeet ja vaadittavat hitsaajien pätevyystodistukset. Korjaussuunnitelma ja siinä määritetyt menetelmät tulee määrittää ennen korjaustoimenpiteisiin aloittamista.

10 POHDINTA

Betonirakenteisiin on nykyään yhä enemmän alettu kiinnittämään huomiota, niiden havaittujen laatuongelmien takia. Onneksi myös teräsrakenteiden valmistusta ja asennusta on alettu syynäämään tarkemmalla silmällä ja näin ollen toteuttamaan täsmällisellä standardilla ja vaatimaan teräsrakenteisiin CE-merkintä. Mutta valitettavasti vastaan tulee vieläkin puutteellisen ammattitaidon omaavia hitsaus- ja asennusyriytyksiä. Näiltä yrityksiltä on houkuttelevaa ostaa palveluja niiden halvan hinnan takia. Valitettavaa kuitenkin on, että turvallisesta lopputuloksesta tingitään pahimmassa tapauksessa ihmishenkien kustannuksella. Koko ketju alusta loppuun, suunnittelusta asennustarkastukseen, pitäisi olla standardin mukainen ja toteutus niin, ettei turvallisesta lopputuloksesta tingitä. Sortunut teräsrakenne aiheuttaa aina ylimääräisiä kustannuksia ja vahinkoja.

Työmaalla asennusten ollessa valmiina lopputarkastusta varten, suoritetaan asennetuille kokoonpanoille jälkitarkastus. Siinä käydään läpi, että asennustyö on tehty asianmukaisesti, sekä noudattaen standardia EN 1090. Jälkitarkastuksella kartoitetaan mahdolliset puutteet ja korjauskohteet. Kantavia teräsrakenteita koskevat tarkastukset ja mahdolliset korjaustoimenpiteet pitää tehdä asianmukaisesti ja dokumentoida ne. Oikean tehtynä se on kustannustehokasta ja pidemmällä tähtäimellä aina edullisempaa, kuin laiminlyödyt tarkastukset ja jälkikäteen tehdyt korjaukset.

Opinnäytetyön pohjalta voidaan todeta, että kantavien teräsrakenteiden asennuksessa on paljon asioita, toimenpiteitä ja muuttujia, mitkä pitää ottaa huomioon ennen asennusta, asennuksen aikana ja asennuksen jälkeen. Asennuksia suorittavalla yrityksellä pitää olla kaikki nämä asiat kunnossa, koko ajan alusta loppuun. Laadukkaalla yrityksellä pitää olla käytössään riittävät resurssit. Se sisältää ammattitaitoiset asentajat ja asennusvalvojat, jotka omaavat riittävän tietotaidon työnsuoritusta varten. Yrityksellä pitää myös olla hyvät työkalut, jotta laadukkaaseen lopputulokseen päästään turvallisesti sovitussa aikataulussa. Yhteenvetona todettiin, että Mounplan Oy:llä nämä laadukkaan asennustyön tekemiseen liittyvät asiat täyttyvät. Tämä opinnäytetyö täydentää sitä toteutusmallia entisestään ja näin opinnäytetyön tavoite tutkimustöineen ja -lopputuloksineen saavutettiin.

LÄHTEET

Ferrometal Oy. 2015. Ruuviliitokset. Luettu 15.6.2017

http://brochures.ferrometal.fi/brochures/tuotekuvasto/osio7_fin/tekniset_index.html

Metalliteollisuuden Standardiyhdistys ry, METSTA. 2012. Teräskokoonpanojen CE-merkintä. PDF-tiedosto. Luettu 1.7.2017

http://www.metsta.fi/ajankohtaista/METSTA-tiedotus/2012/liitteet/Terasrakenteet_jaCE_2012-08_net.pdf

SFS ry. 2012. SFS-EN 1090-2 + A1. Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset.

SFS ry. 1998. SFS-EN ISO 12944-3. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 3: Rakenteen suunnitteluun liittyviä näkökohtia.

Teräsrakenneyhdistys ry. 2015. SFS-EN 1090-1 ja SFS-EN 1090-2. PDF-tiedosto. Luettu 24.5.2017.

http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/207/1aef673/FAQ_EN_1090_julkaisu_6_rev.pdf

Tukes. 2015. CE-merkinnän kiinnittäminen rakennustuotteeseen yhdenmukaistetun standardin EN 1090-1 perusteella. PDF-tiedosto. Luettu 10.5.2017.

http://www.tukes.fi/Tiedostot/rakennustuotteet/CE-merkinnan_kiinnittaminen_rakennustuotteeseen.pdf